

І. Е. Линник

# ПРОГНОЗУВАННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ЕРГОНОМІЧНИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ЕВОЛЮЦІЙНО-ЙМОВІРІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

*У статті розглянуто модель еволюції системи «водій — транспортний засіб — транспортна мережа — середовище» у замкнутому і розімкнутому станах на першому і другому циклах еволюції.*

**Ключові слова:** еволюція, замкнутий стан, розімкнутий стан.

## 1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді відносяться до галузі ергономіки. Правила преобразования развивающихся систем не дают ответа на вопрос о том, как протекает этот процесс во времени. Ответ на этот вопрос могут дать закономерности эволюции систем.

## 2. Постановка проблеми

Вирішення проблеми довгострокового прогнозування можливо, якщо розглядати розвиток системи «водій — транспортний засіб — транспортна мережа — середовище» та її компонентів. Для цього необхідно моделювати не функціонування цієї системи, а її еволюцію.

## 3. Основна частина

**3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження.** Для моделювання еволюції системи ВТМС доцільно застосовувати метод еволюційно-ймовірнісного моделювання Гаврилова [1, 2], розвинутий В. К. Долею, Т. О. Самісько [3], Н. В. Яреценко [4], І. В. Мусієнко [5], Я. В. Санько [6].

Але розроблені цими авторами моделі потребують великої кількості спостережень, крім того, відсутній поділ технічних засобів окремо на транспортний засіб і транспортну мережу. Довгостроковий прогноз не дає достовірних результатів через те, що в моделях не враховуються зміни, які відбуваються у конструкції автомобілів, технічних характеристиках доріг, психофізіологічних характеристиках водія, зовнішньому середовищі. Тобто не враховуються еволюційні процеси, що призводить до значних похибок у прогнозуванні.

**3.2. Результати досліджень.** На першому циклі еволюції в інтервалах формування детермінізму рівняння динамічної рівноваги системи

у замкнутому стані можуть бути представлені у вигляді

$$\begin{aligned}\frac{d^2V_B}{dt^2} + \frac{dV_B}{dt} + 0,5V_B &= 0, \\ \frac{d^2V_T}{dt^2} + \frac{dV_T}{dt} + 0,5V_T &= 0, \\ \frac{d^2V_M}{dt^2} + \frac{dV_M}{dt} + 0,5V_M &= 0, \\ \frac{d^2V_C}{dt^2} + \frac{dV_C}{dt} + 0,5V_C &= 0,\end{aligned}\tag{1}$$

де  $V_B, V_T, V_M, V_C, V_S$  — швидкості зміни координат стану відповідно водія, транспортного засобу, транспортної мережі, середовища і системи ВТМС.

Рівняння динамічної рівноваги системи ВТМС як єдиного цілого:

$$\frac{dV_S}{dt} + V_S = 0,5V_B - 0,5V_C + V_T - V_M.\tag{2}$$

На другому циклі еволюції відбувається декомпозиція відносин між частинами системи, тобто руйнування системи. Тому рівняння динамічної рівноваги частин системи можуть бути представлені у вигляді

$$\begin{aligned}\frac{d^2V_B}{dt^2} - \frac{dV_B}{dt} + 0,5V_B &= 0, \\ \frac{d^2V_T}{dt^2} - \frac{dV_T}{dt} + 0,5V_T &= 0, \\ \frac{d^2V_M}{dt^2} - \frac{dV_M}{dt} + 0,5V_M &= 0, \\ \frac{d^2V_C}{dt^2} - \frac{dV_C}{dt} + 0,5V_C &= 0.\end{aligned}\tag{3}$$

Рівняння динамічної рівноваги системи ВТМС як єдиного цілого:

$$\frac{dV_S}{dt} + V_S = -0,5V_B + 0,5V_C - V_T - V_M.\tag{4}$$

У розімкнутому стані кількісні характеристики визначають через ентропію. Тому на першому циклі еволюції поточну ентропію системи ВТМС знаходять так:

$$H_{B3} = H_{B3}^0 + 2V_B t_3, \\ H_{BB} = H_{BB}^0 + (V_B + V_C) t_3, \quad (5)$$

$$H_{PB} = H_{PB}^0 + (3V_B + V_C) t_3, \\ H_{HC3} = H_{HC3}^0 + (V_B + V_C) t_3, \\ H_{HCB} = H_{HCB}^0 + 2V_B t_3, \quad (6) \\ H_{HHC} = H_{HHC}^0 + (3V_B + V_C) t_3.$$

де  $H_{PB}$ ,  $H_{HHC}$  — поточні значення ентропії підсистеми «водій» і нового середовища відповідно;  $H_{B3}$ ,  $H_{HC3}$  — ентропія, що здобувається підсистемою «водій» і новим середовищем відповідно;  $H_{BB}$ ,  $H_{HCB}$  — ентропія, що вилучається із підсистеми «водій» та нового середовища відповідно.

Динаміка абсолютної організації підсистеми «водій»:

$$Q_B = Q_B^0 - \Delta Q_B = Q_B^0 - (V_B - V_C) t_3, \quad (7)$$

і нового середовища:

$$Q_{HC} = Q_{HC}^0 + \Delta Q_{HC} = Q_{HC}^0 + (V_A - V_B) t_3. \quad (8)$$

Динаміка максимальної ентропії підсистеми «водій»:

$$H_{TB} = H_{TB}^0 + Q_B = H_{TB}^0 + 2(V_B + V_C) t_3, \quad (9)$$

і нового середовища:

$$H_{TNC} = H_{TNC}^0 + Q_{HC} = H_{TNC}^0 + 2(V_B - V_A) t_3. \quad (10)$$

На другому циклі еволюції змінюється співвідношення між швидкостями здобуття і вилучення ентропії. Тому

$$Q_B = Q_B^0 + (V_B - V_C) t_3, \\ Q_{HC} = Q_{HC}^0 - (V_C - V_B) t_3, \quad (11) \\ H_{TB} = H_{TB}^0 + 4V_B t_3, \\ H_{TNC} = H_{TNC}^0 + 4V_B t_3.$$

Запропонований підхід до моделювання еволюції ергономічної системи «водій — транспортний засіб — транспортна мережа — середовище» (ВТМС) дозволяє прогнозувати стан компонентів системи не тільки для першого циклу еволюції (на етапах формування детермінізму), але і на другому циклі (на етапах руйнування детермінізму, декомпозиції відносин у системі). Цей підхід відрізняється від відомих раніше тим, що він дозволяє прогнозувати стан не тільки окремих компонентів, але і всієї системи в цілому.

## Література

1. Прогнозирование расчетных характеристик для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог [Текст] / М. А. Григоров, Э. В. Гаврилов, Т. М. Григорова, В. К. Доля. — Херсон : Надднепряночка, 2006. — 192 с.
2. Гаврилов Э. В. Долгосрочное прогнозирование расчетных характеристик на автомобильном транспорте [Текст] / Э. В. Гаврилов, Н. В. Ярещенко, И. В. Мусиенко // Вестник ХГАДТУ. — 2000. — Вып. 12 — 13. — С. 23–30.
3. Григоров М. А. Прогнозування загальної потреби інженерних кадрів у дорожній галузі України [Текст] / М. А. Григоров, В. К. Доля, Т. О. Самісько // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. — Вип. 1. — 2007. — С. 46–50.
4. Ярещенко Н. В. Долгосрочное прогнозирование скоростей движения на автомобильных дорогах [Текст] : дис. ... кандидата техн. наук : 05.22.11 / Ярещенко Н. В. — Х., 1999. — 160 с.
5. Мусиенко И. В. Долгосрочное прогнозирование расчетных нагрузок на автомобильных дорогах [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.11 / И. В. Мусиенко. — Х., 2004. — 155 с.
6. Санько Я. В. Довгострокове прогнозування обсягів перевезень пасажирів трамваем з урахуванням впливу зовнішнього середовища (наприкладі ХКП «Міськелектротранс» [Текст] : дис. ... кандидата техн. наук : 05.22.01 / Санько Я. В. — Х., 2010. — 150 с.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ЭВОЛЮЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И. Э. Линник

В статье рассмотрена модель эволюции системы «водитель — транспортное средство — транспортная сеть — среда» в замкнутом и разомкнутом состояниях на первом и втором циклах эволюции.

**Ключевые слова:** эволюция, замкнутое состояние, разомкнутое состояние.

*Ирина Эдуардовна Линник, доцент кафедры градостроительства Харьковской национальной академии городского хозяйства, тел.: (057) 338-68-88, 050-93-56-892.*

## FORECASTING OF EVOLUTION OF ERGONOMIC SYSTEMS BY A METHOD OF EVOLUTIONNO-LIKELIHOOD MODELLING

I. Lynnyk

In article the model of evolution system «the driver — a vehicle — a transport network — environment» in the closed and opened conditions on the first and second cycles of evolution is considered.

**Keywords:** the evolution, the closed condition, the opened condition.

*Iryna Lynnyk, the senior lecturer of chair of town-planning of the Kharkov national academy of municipal economy, tel.: (057) 338-68-88, 050-93-56-892.*